

таллов давлением (ОМД). Детали обрабатывают четырьмя способами: ковка, прокатка, прессование и волочение.

Предлагается исследовать влияние формы рабочего инструмента волочильных станков на энергоемкость процесса волочения и выбрать оптимальную форму инструмента.

#### *Библиографический список*

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009г. № 1715-р.
2. Энергетическая стратегия России — определяющая роль энергосбережения // Теплоэнергетика. 2007. № 7.

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ С ВЕКТОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

*Осинов А.Г.*

*Южно-Уральский государственный университет*

*cobyd@mail.ru*

Недостатки существующих способов управления выпрямительными агрегатами СЭС энергоемких потребителей постоянного тока (а именно: диодного с РПН, диодного с дросселями насыщения, тиристорного) приводят в процессе эксплуатации к значительному перерасходу энергетических и финансовых ресурсов. Это, прежде всего, связано с тем, что указанные способы сопровождаются существенным снижением коэффициента мощности, обладают большой установленной мощностью управляемых приборов (тириستоров, либо дросселей насыщения), имеют сложную систему управления и дискретное регулирование (для диодного агрегата с РПН).

Токи первичных цепей выпрямительных трансформаторов в десятки, а иногда и в сотни раз меньше токов во вторичных цепях. Поэтому управление выпрямительными агрегатами целесообразно переносить на первичную сторону трансформаторов. Особенно очевидным это становится при возрастании мощности агрегатов, когда на подстанции осуществляются глубокие вводы повышенных напряжений.

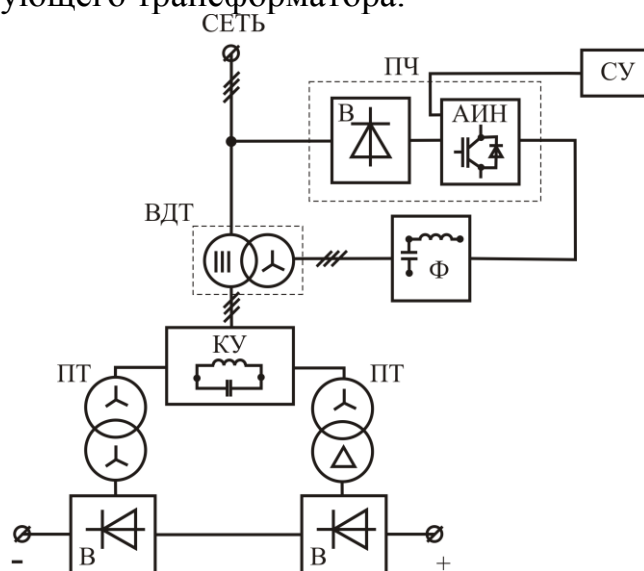
В докладе рассматривается принципиально новый способ построения выпрямительных агрегатов СЭС энергоемких потребителей постоянного тока, лишенный указанных для традиционных способов недостатков.

Регулирующая функция таких агрегатов «перенесена» на первичную сторону преобразовательных трансформаторов и осуществляется с помощью перспективного, позволяющего плавно изменять напряжение регулирующего устройства, как по амплитуде, так и по фазе. Функция компенсации реактивной мощности, наоборот, из внешней структуры преобразователя «перенесена» непосредственно в состав выпрямителя и осуществляется с помощью высокоэффективного компенсирующего устройства с пятой и седьмой гармониками напряжения на коммутирующих конденсаторах.

На рисунке представлена принципиальная схема одного из вариантов подобных выпрямительных агрегатов.

Регулирующее устройство представляет собой включенный через вольтодобавочный трансформатор преобразователь частоты (выпрямитель + автономный инвертор напряжения), система управления которого, формирует на выходе автономного инвертора напряжения (АИН) плавно изменяющееся по амплитуде и фазе напряжение.

Работа данного выпрямительного агрегата осуществляется следующим образом. После подключения агрегата к питающей сети на выходах преобразовательных блоков создается постоянное напряжение. При изменении напряжения на выходе выпрямителя или напряжения сети, система управления (СУ) в соответствии с определенным законом формирует на выходе АИН переменное импульсное трехфазное напряжение, которое после фильтрации через согласующий трансформатор добавляется или вычитается с напряжением сети, изменяя, тем самым, напряжение на выходе всего преобразователя. Максимальную глубину регулирования задают соответствующим выбором коэффициента трансформации согласующего трансформатора.



Принципиальная схема компенсированного выпрямителя с векторным регулированием выходных параметров

Систему управления данного преобразователя предлагается строить на основе нечеткого регулятора, в основе принципа работы которого, используются экспертные знания для управления объектом. Для настройки такой СУ не требуется создавать адекватную математическую модель объекта управления, а достаточно лишь знать принципы и особенности регулирования переменных объекта управления. Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов. Простота программной и аппаратной реализации такой СУ, а также возможность корректировки управляющих правил в процессе эксплуатации позволят осуществить быстрое ее внедрение в технологический процесс.

Разработанный агрегат был промоделирован в пакете MATLAB/SIMULINK.

Параметры СЭС модели отвечали реальному комплексу электролиза алюминия с линейным напряжением питающей сети 220 кВ, номинальным выпрямленным током 100 000 А и напряжением 1500 В. С помощью модели проведены исследования всех основных характеристик СЭС, рассмотрены статические, динамические и аварийные режимы работы преобразователя.

Кроме того, на базе лабораторного стенда кафедры СЭС ЮУрГУ проведены экспериментальные исследования данного выпрямительного агрегата. По результатам эксперимента были построены регулировочные и внешние характеристики для двух вариантов преобразователей: компенсированного и некомпенсированного и для двух вариантов управления: амплитудного и фазового. Данные характеристики приводятся в докладе.

Проведенные исследования говорят о том, что компенсированный выпрямительный агрегат с векторным регулированием выходных параметров по сравнению с традиционными решениями обладает множеством важнейших свойств, обеспечивающих значительный энерго- и ресурсосберегающий эффект. К данным преимуществам можно отнести следующее:

1. Выпрямительные агрегаты имеют простейшее конструктивное диодное исполнение.

2. Диодный агрегат приобретает свойство полной управляемости, обеспечивающей любые режимы работы потребителя, как при отклонении параметров нагрузки, так и при колебаниях напряжения питающей сети. Это достигается оптимальным местом включения и малой установленной мощностью современного внешнего регулирующего устройства.

3. Сохраняются все преимущества компенсированных преобразователей с пятой и седьмой гармониками напряжения на конденсаторах:

- компенсирующее устройство за счет работы на частотах 250, 350 Гц имеет минимальную установленную мощность;

- за счет компенсации реактивной мощности непосредственно в месте ее потребления на 4...5% повышается жесткость внешних характеристик и выходная мощность выпрямительных агрегатов, что создает возможность на такую же величину повысить выходную мощность агрегата, обеспечивая значительных технологический эффект;

- полная компенсация реактивной мощности существенно снижает потери электрической энергии в системе электроснабжения, а соответствующая фазность преобразования агрегатов снимает проблему гармонического воздействия агрегатов на питающую сеть.

4. Выполнение системы управления на основе нечеткого регулятора делает её универсальной для корректировки, а простота программной и аппаратной реализации обеспечивают быстрое внедрение в технологический процесс.

#### *Библиографический список*

1. Хохлов Ю.И. Энерго- и ресурсосберегающие преобразовательные системы электроснабжения электролизного производства алюминиевой промышленности // Электрика. 2007. № 7. С. 3–9.
2. Хохлов Ю.И. Моделирование электромагнитных процессов в компенсированном выпрямителе с вольтодобавочным АИН с ШИМ / Ю.И. Хохлов, А.Г. Осипов, Д.В. Гиззатуллин //

Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Энергетика–2008: инновации, решения, перспективы». В 5 кн. Кн. 3. Электроэнергетика и электроника. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2008. С. 26–30.

3. Осипов А.Г. Применение системы нечеткого вывода для управления выпрямительным агрегатом СЭС алюминиевой промышленности // Научный поиск: материалы первой научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. С. 254–259.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЭЦ**

*Охорзина Е.С., Суворов Д.М.*

*Вятский государственный университет, г. Киров*

*e-mail: dmilar@mail.ru*

Энергетическая эффективность теплофикации определяется экономией топлива при комбинированном производстве электроэнергии и тепла по сравнению с раздельным производством. Показателями, определяющими эту эффективность, являются, во-первых, коэффициент использования теплоты топлива ( $\eta_{um}$ ), во-вторых, удельные расходы топлива (или теплоты топлива) на единицу отпущенной потребителю энергии каждого вида (электроэнергии и теплоты среднего и низкого потенциалов, то есть в паре и сетевой воде соответственно). Дополнительным показателем эффективности является удельная комбинированная выработка электроэнергии ( $\mathcal{E}_m$ ), которая имеет особое значение при работе ТЭЦ по тепловому графику (при отсутствии или минимизации потерь в конденсаторах).

В данной работе выполнены расчеты основных показателей эффективности для характерных режимов работы отопительной ТЭЦ с турбинами типа Т-50-12,7 (такие условия характерны для всех отопительных ТЭЦ России с паротурбинными установками сверхвысокого начального давления) и для ТЭЦ промышленного предприятия, имеющей турбины с противодавлением типа ПР-6-3,4/0,98/0,49. В первом случае расчеты режимов проводились на адекватной математической модели турбоустановки, построенной на базе реальных энергетических характеристик отсеков проточной части, во втором случае – на математической модели промышленной ТЭЦ с двумя турбинами указанного типа, тремя энергетическими котлами, при давлении в отборе 1,2 МПа и противодавлении 0,3 МПа, при постоянной технологической нагрузке, покрываемой из отбора и равной 56,28 МВт, и переменной отопительной нагрузке, составляющей около 2 МВт в летний период и 26,7 МВт в расчетном режиме. Температура питательной воды на входе в котлы обеспечивалась на уровне 120 °С. В летний период работает одна турбина, в отопительный период – две.

Расчеты были проведены по методикам, представленным в [1], четырьмя наиболее представительными методами: эксергетическим, коэффициентов ценности пара, балансовым (физическим) и нормативным (метод фирмы «ОРГРЭС»). Для турбины Т-50-12,7 были рассчитаны три наиболее характерных режима: конденсационный, по тепловому графику с полностью закрытой